

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-299345

(43)Date of publication of application : 11.10.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/322
C30B 29/06
// H01L 21/208

(21)Application number : 2001-105152

(71)Applicant : SHIN ETSU HANDOTAI CO LTD

(22)Date of filing : 03.04.2001

(72)Inventor : TOBE TOSHIMI

(54) SILICON SINGLE-CRYSTAL WAFER AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a silicon single-crystal wafer, capable of having gettering capability with oxygen precipitates, even in an n/n⁺ wafer, and to provide a method of manufacturing the same, and an epitaxial wafer using the silicon single-crystal wafer.

SOLUTION: A silicon single-crystal wafer, obtained by working a silicon single-crystal ingot pulled by the Czochralski method for forming a wafer contains two species or more of electrically active impurities of the group 5 elements and the group 3 elements, so that at least the impurity concentration of the group 3 element(s) is $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ or higher.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-299345

(P2002-299345A)

(43) 公開日 平成14年10月11日 (2002. 10. 11)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
H 0 1 L 21/322		H 0 1 L 21/322	Y 4 G 0 7 7
C 3 0 B 29/06		C 3 0 B 29/06	A 5 F 0 5 3
	5 0 2		5 0 2 H
// H 0 1 L 21/208		H 0 1 L 21/208	P

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願2001-105152(P2001-105152)

(22) 出願日 平成13年4月3日 (2001. 4. 3)

(71) 出願人 000190149

信越半導体株式会社

東京都千代田区丸の内1丁目4番2号

(72) 発明者 戸部 敏視

群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半
導体株式会社半導体磯部研究所内

(74) 代理人 100080230

弁理士 石原 昭二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シリコン単結晶ウェーハ及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 n/n⁺ウェーハにおいても酸素析出物によるゲッタリング能力を持たせることのできるシリコン単結晶ウェーハ、その製造方法、及びそのシリコン単結晶ウェーハを用いたエピタキシャルウェーハを提供する。

【解決手段】 チョクラルスキー法により引き上げられたシリコン単結晶棒をウェーハに加工して得られたシリコン単結晶ウェーハであって、5族元素と3族元素の電氣的活性不純物を2種以上含有し、そのうち少なくとも3族元素の不純物濃度が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上であるようにした。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 チョクラスキー法により引き上げられたシリコン単結晶棒をウェーハに加工して得られたシリコン単結晶ウェーハであって、5 族元素と 3 族元素の電気的活性不純物を 2 種以上含有し、そのうち少なくとも 3 族元素の不純物濃度が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上であることを特徴とするシリコン単結晶ウェーハ。

【請求項 2】 チョクラスキー法により引き上げられたシリコン単結晶棒をウェーハに加工して得られたシリコン単結晶ウェーハの製造方法であって、単結晶製造の際、5 族元素と 3 族元素の電気的活性不純物を 2 種以上混合し、そのうち少なくとも 3 族元素の不純物濃度を $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上とすることを特徴とするシリコン単結晶ウェーハの製造方法。

【請求項 3】 請求項 1 記載のシリコン単結晶ウェーハを基板とし、その表面にエピタキシャル層を形成したことを特徴とするエピタキシャルウェーハ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、チョクラスキー法（CZ 法）によってシリコン単結晶を引き上げ、このシリコン単結晶をウェーハに加工して得られる半導体デバイス用シリコン単結晶ウェーハ（基板）、その製造方法及びそのシリコン単結晶ウェーハを用いたエピタキシャルウェーハに関する。

【0002】

【関連技術】 半導体集積回路等のデバイスを作成するためのウェーハとしては、主に CZ 法によって育成された、シリコン単結晶ウェーハが用いられている。このシリコン単結晶ウェーハとしては IC や LSI といった電子デバイスに応じて、p 型、n 型という電気抵抗率の区分がある。

【0003】 そのため p 型ウェーハを得るには 3 族の元素、例えばホウ素、アルミニウム、ガリウムを電気的不純物として添加し、抵抗率を制御する。また n 型の場合には 5 族の元素、例えばリン、アンチモン、ヒ素を適当に添加し、その抵抗率を制御している。

【0004】 特に最近では、抵抗率が $20 \text{ m}\Omega \text{ cm}$ 以下の低抵抗率ウェーハを基板とし、その上に同じ伝導型のエピタキシャルシリコン層を堆積させて、電気デバイスの作製を行うことも多い。例えば高濃度ホウ素を添加し、 $20 \text{ m}\Omega \text{ cm}$ 以下の抵抗率である p 型ウェーハを基板とし（p⁺ 基板）、その基板上にエピタキシャル層として $10 \Omega \text{ cm}$ 程度の抵抗率を得ようホウ素を添加した p⁺ 層を堆積した構造の p/p⁺ エピタキシャルウェーハなどがその一例である。これらは電子デバイスの特性を鑑みて、構造的に動作効率の良いデバイスを作製するのに都合が良く、理想的なシリコンウェーハである。

【0005】 同様に 5 族元素不純物添加による n/n⁺

ウェーハも存在するが、これは p/p⁺ に比して簡単ではない。というのは 5 族元素不純物のうちリンやアンチモンは CZ 法に用いる溶融シリコンのつばに添加しても、引き上げ工程において昇華し、低抵抗率のウェーハを得るほど高濃度に添加できないからである。その点ヒ素は高濃度添加可能であるため、n/n⁺ 構造を得るためによく用いられる。

【0006】 一方、シリコンウェーハの特性として、重要なものにゲッタリング特性がある。ゲッタリングとはデバイス特性を悪化させる原因となる重金属不純物をデバイス動作領域外へ除去する方法の総称であり、例えば、シリコンウェーハの表面数十 μm をデバイス動作領域とすれば、その領域より深いウェーハ位置、つまりバルクに不純物金属を捕獲しておけばよい。

【0007】 この方法の一つとして、最も頻繁に使用されるのが酸素析出物による IG 法（Internal Gettering）である。この方法は CZ 法で作製されたシリコンウェーハには不可避免的に含まれる過飽和な酸素原子を、デバイス動作領域より深いウェーハ位置に析出物として形成させ、その周りにできた格子の歪みに不純物を捕獲する方法である。その際、酸素析出物の密度、サイズ、形成位置を種々の方法によって制御することが必要である。

【0008】 この酸素析出物の形成制御について、電気抵抗率を支配するために添加した 3 族元素あるいは 5 族元素との関係が明らかになっている。3 族元素添加不純物の代表であるホウ素の場合、p⁺ の抵抗率領域まで添加すると、酸素析出が促進されることがよく知られている。従って IG に酸素析出物を利用する場合、初期酸素濃度が低い結晶であっても効率的に酸素析出物を形成できるため、ゲッタリング能力は高まり、大変有利である。

【0009】 しかしに 5 族元素の抵抗率制御用不純物添加ウェーハの場合、酸素析出は抑制されることが知られている。特に n⁺ ウェーハを得るために添加したヒ素は大幅に酸素析出を抑制するため、 20 ppm （JEIDA：日本電子工業振興協会）規格のような高酸素濃度ウェーハを用いても、酸素析出物形成によるゲッタリング効果を期待するのは極めて困難な場合がある。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、このような問題点に鑑みてなされたもので、n/n⁺ ウェーハにおいても酸素析出物によるゲッタリング能力を持たせることのできるシリコン単結晶ウェーハ、その製造方法、及びそのシリコン単結晶ウェーハを用いたエピタキシャルウェーハを提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するため、本発明のシリコン単結晶ウェーハは、チョクラスキー法により引き上げられたシリコン単結晶棒をウェー

ハに加工して得られたシリコン単結晶ウェーハであつて、5族元素と3族元素の電気的活性不純物を2種以上含有し、そのうち少なくとも3族元素の不純物濃度が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上であることを特徴とする。

【0012】本発明のシリコン単結晶ウェーハの製造方法は、チョクラスキー法により引き上げられたシリコン単結晶棒をウェーハに加工して得られたシリコン単結晶ウェーハの製造方法であつて、単結晶製造の際、5族元素と3族元素の電気的活性不純物を2種以上混合し、そのうち少なくとも3族元素の不純物濃度を $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上とすることを特徴とする。

【0013】また、本発明のエピタキシャルウェーハは、上記したシリコン単結晶ウェーハを基板とし、その上にシリコンエピタキシャル層を形成したものである。

【0014】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を説明するが、本発明の技術思想から逸脱しない限り、この実施の形態以外にも種々の変形が可能なことは勿論である。

【0015】本発明においては、チョクラスキー法によりシリコン単結晶を製造する際、5族元素と3族元素の電気抵抗率制御用不純物の2種以上を同時に添加するが、この場合シリコン単結晶の抵抗率はこの2種以上の添加不純物の絶対的な濃度及び混合割合で制御できる。

【0016】これらの元素の添加にあたり、例えばn型シリコンウェーハを得たい場合、5族元素不純物の単独添加に比べて、3族元素及び5族元素の同時添加では、少なからず3族元素の電気抵抗率制御用不純物を添加したことになる。そのため、後の工程でゲッタリング効果を持たせるための酸素析出挙動が3族元素不純物の存在によって抑制されにくくなる。従って、高ゲッタリング能力を持ったn/n⁺エピタキシャルウェーハの作成が可能となる。

【0017】この際、少なくとも3族元素の不純物濃度が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上のウェーハであれば酸素析出が促進されるため、そのウェーハがp型でもn型でも効率的に酸素析出物を形成できるため、ゲッタリング能力を高めることができる。

【0018】3族元素の不純物濃度が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ に達しない場合は酸素析出物の形成が充分でなく、本発明の目的を達成することができない。この3族元素の不純物濃度が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上であれば限界固溶度まで特別の上限はないが、 $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度であれば充分である。

【0019】

【実施例】以下、本発明の実施例を比較例とともに挙げて具体的に説明するが、これらの実施例は例示的に示されるもので、本発明はこれらに限定して解釈されるものでないことはいふまでもない。

【0020】（実施例1）CZ法により、直径6イン

チ、初期酸素濃度 15 ppm （JEIDA）、方位 $<100>$ の結晶棒を、通常の引き上げ速度 (1.2 mm/min) で引き上げた。その際、ホウ素を $10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 、ヒ素を $7 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 含有するように引き上げた結晶では、電気伝導型がn型で抵抗率が $0.01 \Omega \text{ cm}$ になるように制御された。この結晶棒を加工して基板ウェーハとし、その表面にn型、 $10 \Omega \text{ cm}$ のn⁻層エピタキシャル成長させた。このエピタキシャル成長は、原料ガスにトリクロルシランを用い、 1130°C で $3 \mu\text{m}$ 成長させた。

【0021】このエピタキシャルウェーハに 800°C 、 $4 \text{ hr} + 1000^\circ\text{C}$ 、 16 hr の酸素析出熱処理を窒素雰囲気にて施したのち、選択エッチングによって酸素析出物密度を測定した。

【0022】酸素析出物密度の測定は、アングルポリッシュを行い、その面に特開平9-260449号公報に記載された技術（表面に銅を堆積させた後、アルカリ性水溶液でエッチングし、光学顕微鏡観察する方法）により行った。

【0023】測定の結果、ホウ素とヒ素を同時添加したウェーハでは 10^9 cm^{-3} の酸素析出物密度が検出された。

【0024】この結果から本発明によるシリコン単結晶ウェーハでは、抵抗率を同一に制御でき、かつゲッタリング能力の優れたウェーハを作製可能である。特に、3族元素および5族元素の同時添加を行うことにより、酸素析出物を形成しにくいn型の場合に効果を発揮することがわかった。

【0025】（比較例1）ヒ素単独添加による同一抵抗率、つまり $0.01 \Omega \text{ cm}$ のウェーハとした以外は、実施例1と同様にエピタキシャルウェーハを製造し、その酸素析出密度を測定した。測定の結果、ヒ素の単独添加ウェーハでは、検出下限の 10^6 cm^{-3} 以下の酸素析出物密度であり、実施例1のウェーハとは酸素析出特性が格段に異なった。

【0026】（実施例2）ドーピングするホウ素を $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 、ヒ素を $3 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ とした以外は実施例1と同一条件でシリコンウェーハ（電気伝導型n⁻型、 $10 \Omega \text{ cm}$ ）を作製した後、実施例1と同一条件でエピタキシャル成長および酸素析出物密度の測定を行った。

【0027】その結果、ホウ素とヒ素を同時添加したウェーハでは $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の酸素析出物密度が検出された。

【0028】（比較例2）ヒ素単独添加による同一抵抗率 $(10 \Omega \text{ cm})$ のウェーハとした以外は、実施例2と同様にエピタキシャルウェーハを製造し、その酸素析出密度を測定した。その結果、ヒ素の単独添加ウェーハの酸素析出物密度は $1 \times 10^6 \text{ cm}^{-3}$ 以下であった。

【0029】（実施例3）ドーピングするホウ素を 2×10

10^{18} atoms/cm³、ヒ素を 6×10^{17} atoms/cm³ とした以外は実施例 1 と同一条件でシリコンウェーハ（電気伝導型 p 型、 $10 \Omega \text{cm}$ ）を作製した後、実施例 1 と同一条件でエピタキシャル成長および酸素析出物密度の測定を行った。

【0030】その結果、ホウ素とヒ素を同時添加したウェーハでは $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の酸素析出物密度が検出された。

【0031】（比較例 3）ホウ素単独添加による同一抵抗率（ $10 \Omega \text{cm}$ ）のウェーハとした以外は、実施例 3 と同様にエピタキシャルウェーハを製造し、その酸素析出物密度を測定した。その結果、ホウ素の単独添加ウェーハの酸素析出物密度は $1 \times 10^7 \text{cm}^{-3}$ であった。

【0032】なお、本発明は上記実施の形態及び実施例に限定されるものではない。上記実施の形態及び実施例

は例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、かつ同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

【0033】例えば、本発明において、3 族元素および 5 族元素の不純物添加を行うに当たり、抵抗率の範囲は問われていないものであり、p 型であるシリコンウェーハを作製しても、あるいは n/n⁻ウェーハを作製しても本発明の範囲に含まれる。

10 【0034】

【発明の効果】以上述べたごとく、本発明によれば、従来困難とされていた n/n⁺ウェーハにおいても酸素析出物によるゲッタリング能力を持たせることのできるシリコン単結晶ウェーハを得ることができる。

フロントページの続き

Fターム(参考) 4G077 AA02 AB01 BA04 CF10 EB03
EB06
5F053 AA12 FF05 GG01 HH01 KK10
PP03 RR03